

① 日本国特許庁 (JP)

① 特許出願公開

## ② 公開特許公報 (A)

昭57-173820

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 昭和57年(1982)10月26日

G 02 F 1/31

7529-2H

// G 02 B 5/174

8106-2H

G 02 F 1/03

7529-2H

発明の数 1

審査請求 未請求

(全 7 頁)

## ⑤ 光スイッチ

② 特 願 昭56-60196

② 出 願 昭56(1981)4月20日

⑦ 発 明 者 川口隆夫

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

⑦ 発 明 者 黄地謙三

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

⑦ 発 明 者 三露常男

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

⑦ 発 明 者 和佐清孝

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

⑦ 出 願 人 松下電器産業株式会社

門真市大字門真1006番地

⑦ 代 理 人 弁理士 中尾敏男 外1名

## 明 細 書

## 1、発明の名称

光スイッチ

## 2、特許請求の範囲

(1) 基板の表面を被膜で覆い、この被膜に互いに交差する溝を設けかつこの溝に光伝導媒体を埋設することにより互いに交差する光導波路を形成し、前記光導波路の交差部上にバッファ層を設け、このバッファ層上に前記光導波路の交差部において光の通路を選択させる櫛形電極を設けたことを特徴とする光スイッチ。

(2) 光伝導媒体の光の屈折率が、被膜および基板の表面部の光の屈折率より大きいことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。

(3) 基板の表面が、 $MgO$ 、 $\alpha-Al_2O_3$  (サファイヤ)、スピネル、 $SrTiO_3$  のうちの少なくとも一種で形成され、かつ光伝導媒体が、 $BaTiO_3$ 、 $PbTiO_3$ 、PLZT系化合物の少なくとも一種で形成されたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。

(4) 基板の表面を  $BGO (Bi_{12}GeO_{20})$  で形成し、かつ光伝導媒体を  $BTO (Bi_{12}TiO_{20})$  あるいは、 $BSO (Bi_{12}SiO_{20})$  で形成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。

(5) 基板の表面を  $LiTaO_3$  で形成し、かつ光伝導媒体を  $LiNbO_3$  で形成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。

(6) 基板の表面を  $GaP$  で形成し、かつ光伝導媒体を  $GaAs$  で形成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。

(7) 基板の表面を  $\alpha-Al_2O_3$  で形成し、かつ光伝導媒体を  $ZnO$ 、 $ZnS$ 、 $CdS$ 、 $ZnSe$ 、 $ZnTe$  あるいはこれらの化合物のうち一種で形成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。

(8) バッファ層を少なくとも光伝導媒体の光の屈折率より小さい屈折率を有する材料で形成することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。

(9) 櫛形電極を  $Au$ 、 $Ag$ 、 $Pt$ 、 $Cu$ 、 $Al$  のうち少なくとも一種で形成したことを特徴とする特許請求

この範囲第1項記載の光スイッチ。

(1) 筒形電極を透明導電膜で構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。

(2) 透明導電膜を  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ITO}(\text{In}_2\text{O}_3 - \text{SnO}_2)$  のうち少なくとも一種で構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。

(3) 筒形電極上に光伝搬媒体の光の屈折率よりも大きい光の屈折率を有する絶縁層を設け、この絶縁層上に太陽電池を積層し、この太陽電池と前記筒形電極とを電気的に結合させたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光スイッチ。

### 3. 発明の詳細な説明

本発明は、光スイッチに関するものであり、特に光IC用の薄膜光スイッチを提供するものである。

電子回路で電気を導くのに導線を使用するように、またマイクロ波回路では導波管を使用するように、光信号処理システムあるいは光ICでは、各種の光導波路が必要になる。

すなわち本発明の目的は、小型光デバイスあるいは光ICに用いるのに適した光スイッチの構造とその構成材料を与えることである。

以下、図面を用いた実施例により本発明を説明する。

第2図は本発明の一実施例にかかる光スイッチである。

すなわち本実施例の光スイッチ21は、少なくとも表面221を保護被膜331で覆われた基板22と、保護被膜231に設けたU字溝232と、U字溝232内に埋設された光伝搬媒体233とからなる光導波路23を用いている。さらに、同光スイッチにおいて互いに交差する光導波路23の交差点24上にはバッファ層26と、このバッファ層26上で該光導波路23間でブラッグ条件を満足し光を偏光させる筒形電極26とが形成されている。

この場合、光が光伝搬媒体23のみを通過すべく、光伝搬媒体23における光の屈折率を、保護被膜231および基板22の表面層の光の屈折率

小形化光デバイスあるいは光ICに用いる光スイッチは従来例えば第1図a, bに示すような、リッジ型(a)あるいは拡散型(b)の導波路を用いて形成していた。この場合、リッジ型では、例えば石英ガラスからなる基板11の上に、珪酸ガラスからなる薄層12を設ける。また拡散型では、例えば  $\text{LiNbO}_3$  単結晶基板13の表面に、Tiの拡散層からなる導波路14を設ける。

この種の光導波路は光の伝達のみならず、各種光回路、例えば光スイッチの形成あるいはこれらを集積化した光ICの形成に用いられる。しかしながら、リッジ型は、表面に凹凸があるから、この上に例えば光スイッチを形成し難いという欠点がある。また、拡散型光導波路の例では、導波路の境界が不明確であり、例えば同一表面に二次元的に複数のスイッチを集積化する場合、集積度に限界があるという欠点がある。

本発明は、これらの光スイッチの構造とその構成材料に改良を加え、従来の光スイッチの欠点を除去するものである。

より大きくする。

第2図に示すごとく、本発明の実施例にかかる光スイッチは、その表面が平坦である光導波路を用いている。また、光導波路部のU字溝の形成と、光伝搬媒体のU字溝への埋込みは、通常の半導体プロセス例えば蒸着プロセスとホトリソプロセスで形成できるから、従来の拡散型に見られたような光導波部の面内での広がりが少なく、第2図のU字溝232の境界に示すような、シャープな光導波路境界が実現できる。このため、本発明の実施例にかかる光スイッチは、光デバイスの高密度化、IC化に有効となる。

本発明者らは、この種の光スイッチの形成に、最適の構成材料があることを見出し、それに基づき、高性能の小型薄膜光スイッチを発明した。

すなわち、第2図の光スイッチの構造において、基板を  $\text{MgO}$ ,  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  (サファイヤ), スピネル,  $\text{SrTiO}_3$  のうちのいずれかで構成し、光伝搬媒体を、 $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{PbTiO}_3$  あるいはPLZT系化合物のうちのいずれかで構成すると、形成も

容易でかつこの種の光スイッチの集積化も容易であることを見出した。すなわち、第2図の構造の光スイッチにおいて、光伝搬媒体中の光の屈折率が、表面保護層および基板中の光の屈折率より大きいという基本的な条件以外に、光スイッチとして利用するには、例えば光伝搬媒体中の光の伝搬損失が小さいこと、また光伝搬媒体が形成されるような特性をもった基板を有することが重要である。さらに、この種の光スイッチが、小型化あるいは集積化光デバイスにも応用されるには、光伝搬媒体が例えば大きい電気光学効果を示す必要がある。さらに、表面保護層の形成と、U字部への光伝搬媒体の埋込みが可能であることも、これらの材料の選択に重要である。

光伝搬損失が小さく、しかも電気光学効果が大きい材料としては、従来の技術では、例えば、 $\text{LiNbO}_3$  のバルク単結晶があるが、第2図の構造を実現するためには、この種のバルク単結晶を厚く研磨して、 $\text{LiNbO}_3$  より光の屈折率が小さい基板、例えば、石英ガラス板上に接合する必要

がある。一方、高度の光通路には単一モードの光を伝搬させるが、これには、光伝搬媒体の厚さを光の波長と同程度の $\mu\text{m}$ オーダーにする必要がある。しかし、単結晶を $\mu\text{m}$ オーダーに研磨、接合することは実際には不可能であるから、通常は、単結晶の基板、例えば $\text{LiNbO}_3$  光伝搬路の場合は、これより光の屈折率が小さい、例えば $\text{LiTaO}_3$  単結晶の基板上に、 $\text{LiNbO}_3$  薄膜を、例えば1000℃程度の高温下で液相エピして形成する。しかしながら、このような製造プロセスでは、第2図の本発明の実施例にかかる光スイッチは実現できない。

第2図に示すように光導波路23に楕形電極28を装荷する場合、損失を生じるので光導波路23と楕形電極28との間に光伝搬媒体の光の屈折率より小さい屈折率を有する損失の少ない誘電体、たとえば $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  (サファイヤ), スピネル,  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{GaP}$  の少なくとも一種で構成したバッファ層25を挿入することにより損失の低減を図ることができることを確認した。

第2図に示す楕形電極28はAu, Ag, Pt, Cu, Alの金属の少なくとも一種で構成すると有効である。この場合、例えば透明導電膜を用いても同等の効果が得られる。

本発明の光スイッチの構成とその実現の可能性について、構成材料を変えて探索した結果、例えば、光伝搬媒体として、 $\text{PbTiO}_3$  薄膜が適し、基板にサファイヤ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ )単結晶板が適し、表面保護層に石英ガラスが適し、電極に例えば蒸着Alが適していることを確認した。すなわち、この種の構成材料では、スパッタリング法および真空蒸着法という薄膜形成技術を導入することにより、比較的低温で、本発明にかかる構造の光スイッチが実現でき、光ICなど、光集積化デバイスの実現に有効であることを確認した。

次に本発明にかかる光スイッチの形成手順と構成材料要素をさらに詳しく説明する。

まず、例えばサファイヤ(0001)面の単結晶板を基板にし、この上に、例えば石英ガラス膜を厚さ0.2 $\mu\text{m}$ 程度例えば高周波スパッタリングで

蒸着する。この場合、蒸着時の基板の温度は、200~300℃程度である。この石英ガラス膜よりなる被膜に通常の半導体製造プロセスに用いる例えばフォトリソ加工により、U字部を形成する。次に、このU字部に、再び高周波スパッタリングで、 $\text{PbTiO}_3$  薄膜を、石英ガラスの厚さだけ蒸着する。この場合、基板温度を600℃程度にし、化学組成が $\text{PbTiO}_3$  の化学当量比からのずれがないとすると、(111)面の $\text{PbTiO}_3$  の透明な単結晶薄膜が形成される。

このように形成された光導波路の交差部に例えば石英ガラスを厚さ1 $\mu\text{m}$ 程度例えば高周波スパッタリングで蒸着しバッファ層とする。さらに例えばAl膜を例えば0.2 $\mu\text{m}$ 真空蒸着し、更に通常の例えばフォトリソ加工により楕形電極を形成する。

この場合前記楕形電極はブラッグ反射を満足する周期の電極間隔を有する構成で形成される。したがってブラッグ条件を満足する単一モードの光が光スイッチに伝搬してくると楕形電極に電界の

加わらない場合伝搬媒体の屈折率の変化はなく、前記伝搬光は直進する。一方、楕形電界に適当な電界を加えると光電効果により光伝搬媒体の屈折率が周期的に変化し、ブラッグ条件を満足し、ブラッグ反射され、他の光導波路へと伝搬する。

したがって、一方の光導波路端より観測すると電源のON-OFFに対応して光がON-OFFされることとなる。多モードの光の場合は通常一つのモードのみをブラッグ条件を満足させることが可能であるので光スイッチとしては動作しない。具体的に光導波路が直交しており、この光導波路の幅が $60\mu\text{m}$ 、ブラッグ格子間隔が $7.6\mu\text{m}$ 、電圧印加電極間距離が $80\mu\text{m}$ 、波長が $0.6328\mu\text{m}$ の光波の場合、印加電圧 $9\text{V}$ で $10\text{dB}$ の消光比が得られることを確認した。従来の $T_1$ 拡散型光導波路で上記の構成で光スイッチを作製する場合、光導波路の広がりの影響のため消光比 $5\text{dB}$ であったものが、前記実施例の場合非常に改善されたことが確認できる。

以上の説明では、基板としてサファイヤ(

屈折率が光の伝搬媒体より小さく、またU字溝が例えばホットエッチ法で容易に形成できさえすればよく、石英ガラスに限定されるものではない。例えば、硼珪酸ガラス、ソーダガラスの他、窒化シリコン等でも実用できる。

また、前記具体例で示した、基板あるいは光伝搬媒体の材料以外でも、化学組成やその結晶方位等を変化させることにより、本発明の光スイッチの構成材料となりうる。

例えば、Ⅲ-V族化合物でも本発明の構成の基本条件さえ満足されていれば使用でき、例えば基板にGaPを、光伝搬媒体をGaAsにする。この場合赤外線用の光導波路として有効である。また、Ⅱ-V族化合物も使用可能で、例えば基板にZnSe単結晶を、光伝搬媒体をZnTeにするとよい。

また、これらのⅡ-V族化合物、例えばZnO、ZnS、CdS、ZnSe、ZnTeあるいはこれらの化合物を光伝搬媒体に用い、基板に $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ を用いてもよい。ZnOを光伝搬媒体に用いる場合、例えば、(0001)面あるいは(0112)面の $\alpha$ -

(0001)面単結晶板について述べたが、同様な効果は、MgO、SrTiO<sub>3</sub>単結晶の(100)面や、スピネル(MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)単結晶の(110)面を基板に用いても得られることを確認した。この場合は、PbTiO<sub>3</sub>薄膜は(100)面が成長する。

さらに、光伝搬媒体も、PbTiO<sub>3</sub>以外に、BaTiO<sub>3</sub>や、PLZT系薄膜例えば、PLZT(9/65/35)、PLT、PZTなどのペロブスカイト構造の薄膜でも、PbTiO<sub>3</sub>と同様の製造プロセスで形成でき電光学効果も大きく、本発明にかかる光スイッチの構成材料として有効である。

さらに同様の構成材料として、基板として、BGO(Bi<sub>12</sub>GeO<sub>20</sub>)単結晶を用い、光伝搬媒体としてBTO(Bi<sub>12</sub>TiO<sub>20</sub>)あるいはBSO(Bi<sub>12</sub>SiO<sub>20</sub>)薄膜を用いることが可能であることを確認した。さらに基板材料としてLiTaO<sub>3</sub>単結晶板、光伝搬媒体材料としてLiNbO<sub>3</sub>薄膜が使用できることを確認した。

以上の説明では、表面被膜として、石英ガラスについて述べたが、表面被膜としては、その光の

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>単結晶の基板を用い、ZnO膜を例えばマグネトロンスパッタで蒸着すると、スパッタ蒸着中の基板温度が、300~400℃という低温でも、光伝搬損失が例えば $2\text{dB}/\text{cm}$ 以下という良好な単結晶薄膜がエピタキシャル成長し、この種の光導波路の形成に有用であることを確認した。

また基板に課せられる特性も、必ずしも基板全体に要求されることはなく、基板の表面さえ満足させていればよい。

本発明者らは、本発明にかかる構成の光スイッチにおいて、電界供給源として太陽電池を用いた。第3図(a)、(b)にこの光スイッチの構成を示す。この構成の光スイッチは楕形電極28上に光伝搬媒体233の光の屈折率より小さい光の屈折率を有する材料からなる絶縁層31を設け、さらに絶縁層31上に太陽電池32を積層し、この太陽電池32と楕形電極28とを電氣的に導電層33を用いて結合させる構造からなる。この構造の光スイッチを用いると太陽電池に光をONまたはOFFさせることにより光スイッチを駆動させることが

可能で、しかも本発明の構造の光スイッチを用いているので消光比が大きく、しかもブラッグ格子上に太陽電池を積層しているので外部電源が必要なくかつ不必要な電界が他の部分に加わらないという効果がある。この光スイッチは複雑な電気配線の必要がないので集積化に極めて適しており、光のみで制御する光ICを形成することができる。

また、この形成の光スイッチは2本の光導波路を交差させているが、1本の光導波路上に、この光導波路に直角にブラッグ条件を満足するブラッグ格子を設けると光偏向の作用ではなく光を全反射させる作用をすることになる。この場合、電気回路でいうスイッチと同じ機能を果たす。上記光スイッチにおいても前記実施例のような光導波路を用いると該光導波路の広がりがないのでブラッグ条件を非常によく満足する。そのため従来の拡散型導波路を用いた場合に比べ消光比を大きくすることができる。

更に本発明者らは光スイッチ用の光導波路として、第2図に示す構成のものを用いたが、第4図、

れている。この場合、光が光伝導媒質層61のみを通過するべく、基板バッファ層63の光の屈折率が光伝導媒質層61と接する面において、基板バッファ層63の光の屈折率を小さくする。この場合、基板62の屈折率が光伝導媒質層61の光の屈折率より大きい場合でも、光伝導媒質層の光の屈折率より小さい基板バッファ層を用いることにより特性の優れた光回路用基板が形成される。したがって、この光回路用基板を用いても本発明と同等の光スイッチを形成することができる。

以上の説明から明らかなごとく、本発明にかかる光スイッチは、従来の拡散型に見られたような光導波路部の面内での光の広がりを防止でき、またリッジ型のような表面段差が少ないので三次元的に形成することが容易となる。例えばPLZT系化合物などで形成した光導波路を用いることにより10μm以下で光スイッチを形成することができる。かつこの種のポッケルス定数の大きい物質を用いることにより屈折率の差Δnを低電圧で容易に得ることができるので、消光比を10dB以

第6図に示す構成の光導波路を用いても、本発明の効果が得られることを見出した。

ここで、第4図は少なくとも表面にU字形41が設けられた基板42と、前記U字形41内に埋設された光伝導媒体43とから形成された光導波路を示す。第5図は、表面U字形51が設けられた結晶性基板52とU字形51の内側面に被覆されたガラス質層53とU字形内に埋設された光伝導媒体54とから形成された光導波路を示す。

これらの構造の光導波路を用いれば導波路の境界が明確であり、表面に段差がないので三次元的な形成が可能で第2図に示したものと同様の効果がある。

さらに第6図に示す構成の光回路用基板を本発明の光スイッチに用いても、同様の効果が得られることを見出した。

第6図の光回路用基板は少なくとも表面を光伝導媒質層61で覆われた基板62と、光伝導媒質層61と、この光伝導媒質層61と基板62との間に設けられた基板バッファ層63とから形成さ

上ることができる。また、その光スイッチの加工精度は現在の半導体プロセスを用いれば、1μm以下の所謂サブミクロンの範囲まで可能である。したがって、本発明にかかる光スイッチは光デバイスの小型化、集積化、光IC等の集積化機能デバイスとして有効である。

#### 4、図面の簡単な説明

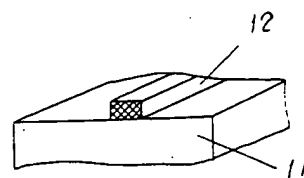
第1図(a)、(b)は従来の薄膜光導波路の構造を示す図、第2図は本発明の一実施例にかかる光スイッチの構造を示す図、第3図(a)、(b)は本発明の他の実施例にかかる光スイッチの構造を示す斜視図および要部断面図、第4図は光スイッチに用いる光導波路の他の実施例を示す図、第5図は光スイッチに用いる光導波路の他の実施例を示す図、第6図は光スイッチに用いる光導波路の他の実施例を示す図である。

22 ……基板、23 ……光導波路、24 ……交差部、25 ……バッファ層、26 ……楕円電極、221 ……基板表面、231 ……被膜(保護被膜)、232 ……溝(U字形)、

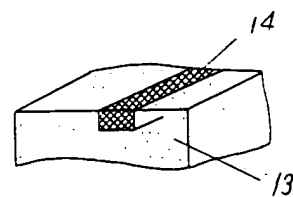
233 …… 光伝搬媒体。

代理人の氏名 井理士 中 尾 敏 男 ほか1名

図 1



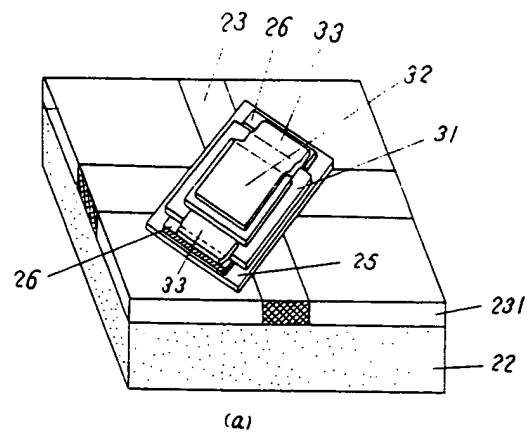
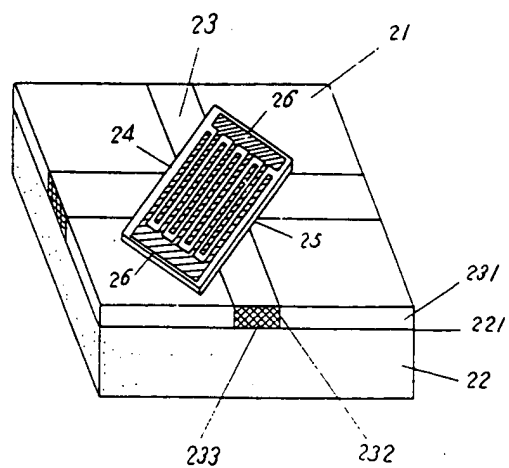
(a)



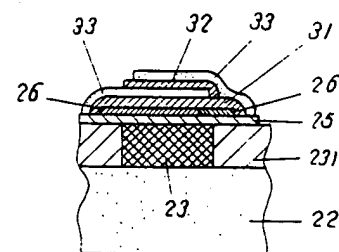
(b)

図 3

図 2

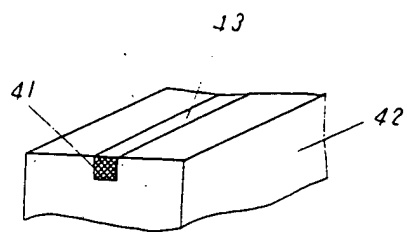


(a)

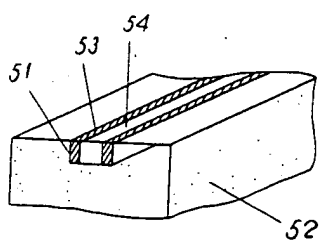


(b)

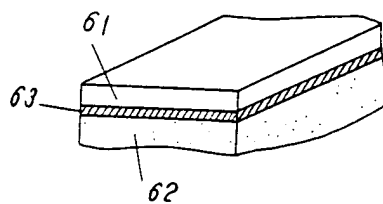
第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖



(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 57173820 A

(43) Date of publication of application: 26 . 10 . 82

(51) Int. Cl.

G02F 1/31  
// G02B 5/174  
G02F 1/03

(21) Application number: 56060196

(22) Date of filing: 20 . 04 . 81

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor: KAWAGUCHI TAKAO  
OCHI KENZO  
MITSUYU TSUNEO  
WASA KIYOTAKA

(54) OPTICAL SWITCH

(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain a thin and small-sized optical switch which is small in its propagation loss and is used for an optical IC, etc., by covering the surface of a substrate with a protective film, providing grooves meeting at right angles with each other, on the film, forming an optical waveguide in the grooves, providing a buffer layer on the crossing part of the optical waveguide, and also providing comb line electrode on said layer.

CONSTITUTION: On a substrate 22 of a sapphire, etc., a film 231 of  $\text{SiO}_2$ , etc. is formed, U-grooves meeting at right angles with each other are formed on the film 231, and an optical propagation medium 233 whose refractive index is larger than that of a substrate surface 221 and the film 231 is embedded in the grooves, by which an optical waveguide is formed. Subsequently, on a crossing part 24 of the waveguide 23, a buffer layer 25 is formed by use of  $\text{SiO}_2$ , etc. After that, a pair of comb line electrodes 26 are formed by an Al film, etc. at an electrode interval satisfying the Bragg's condition. In this way, when a suitable electric field is applied to the electrodes 26, the refractive index of the medium 233 is varied, it does not travel straight but is propagated to other optical waveguide. It is possible to

easily obtain a small-sized and thin optical switch 21 whose propagation loss is small.

COPYRIGHT: (C)1982,JPO&Japio

